



TUGAS AKHIR - TF

**DESAIN HEI ENERGY IGNITER UNTUK
BAHAN BAKAR GAS DAN MINYAK DIESEL
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN
KANDUNGAN AIR**

PRAMANDITA ADE HUTAMA
NRP 02311040000027

Dosen Pembimbing
Ir. Matradji, M.Kom

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF

HEI ENERGY IGNITER DESIGN FOR FUEL GAS AND DIESEL OIL TAKING WATER CONTENT

PRAMANDITA ADE HUTAMA
NRP 02311040000027

Supervisor
Ir.Matradji, M.Kom

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Pramandita Ade Utama

NRP : 02311040000027

Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “DESAIN HEI ENERGY IGNITER UNTUK BAHAN BAKAR GAS DAN MINYAK DIESEL DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KANDUNGAN AIR” adalah bebas plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, Januari 2018
Yang membuat pernyataan,

Pramandita Ade Utama

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN HEI ENERGY IGNITER UNTUK BAHAN
BAKAR GAS DAN MINYAK DIESEL DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN KANDUNGAN AIR**

TUGAS AKHIR

Oleh :

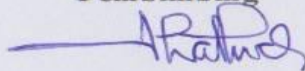
Pramandita Ade Utama

NRP : 02311040000027

Surabaya, 24 Januari 2018

Mengetahui/Menyetujui

Pembimbing



Ir. Matradji, M.Kom.

NIPN.195607201985031003



Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN HEI ENERGY IGNITER UNTUK BAHAN BAKAR GAS DAN MINYAK DIESEL DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KANDUNGAN AIR

TUGAS AKHIR

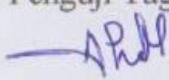
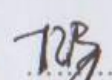
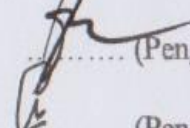
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

PRAMANDITA ADE HUTAMA

NRP. 02311040000027

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Matradji, M.Kom.  (Pembimbing I)
2. Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D  (Penguji 1)
3. Dr. Ir. Ali Musyafa'. M.Sc (Penguji 2)
4. Hendra Cordova, S.T., M.T.  (Penguji 3)

SURABAYA
DESEMBER, 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESAIN HEI ENERGY IGNITER UNTUK BAHAN BAKAR GAS DAN MINYAK DIESEL DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KANDUNGAN AIR

Nama Mahasiswa : Pramandita Ade Utama
NRP : 02311040000027
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Matradji, M.Kom

Abstrak

Ignitor merupakan salah satu part dari suatu pembangkit yang sangat penting, terutama pada pembangkit jenis PLTU. Kegagalan pada ignitor *EddyBlade* PT.PJB UP Paiton sering terjadi sehingga menimbulkan hambatan pada pengoperasian dan kerugian maka diperlukan penggantian ignitor baru agar supaya dapat digunakan untuk menjamin *start up* unit bekerja dengan baik dan tanpa gangguan akibat kegagalan sistem ignitor. menentukan jenis ignitor yang akan digunakan sangat berpengaruh karena terlalu kecil energy tidak mampu memicu pembakaran namun terlalu besar energy akan menyebabkan biaya pembuatan system ignitor dan energy yang lebih tinggi. Seiring kemajuan teknologi sekarang ini banyak part-part ignitor yang lebih bagus daripada tipe ignitor yang lama yaitu HEI ignitor, pada ignitor *existing* (tipe lama) menggunakan teknologi konvensional pada *flame detector* dan *spark*. Sedangkan HEI ignitor menggunakan *flame detector* yang mempunyai kemampuan mendeteksi nyala api yang lebih lebar (UV sampai IR) serta Output energi per *spark* yang tersedia di pasaran umumnya 12 Joule per *spark*. Hal ini sudah sangat mencukupi untuk menjamin kebutuhan unit dan bahan bakar tetap bisa terbakar saat kehadiran *moisture*.

Kata Kunci: *ignitor*, PLTU

Halaman ini sengaja dikosongkan

HEI ENERGY IGNITER DESIGN FOR GAS AND DIESEL FURNITURE BY CONSIDERING WATER CONTENT

Name : ***Pramandita Ade Hutama***
NRP : ***02311040000027***
Department : ***Engineering Physics FTI-ITS***
Supervisor : ***Ir. Matradji, M.Kom***

Abstract

The Ignitor is one of the most important parts of a plant, especially in the PLTU power plant. Failure of the EddyBlade Editor PT.PJB UP Paiton often occurs so as to cause obstacles to the operation and the loss it requires replacement of the new ignitor in order to be used to ensure the start up unit works well and without interruption due to ignitor system failure. determine the type of ignitor to be used is very influential because too small energy is not able to trigger burning but too big energy will cause the cost of making system ignitor and energy higher. As technology advances today many of the better ignitor parts of the old ignitor type are HEI ignitor, the existing ignitor (old type) uses conventional technology on flame detector and spark. While the HEI ignitor uses a flame detector that has the ability to detect wider flame (UV to IR) and the energy output per spark available on the market is generally 12 Joules per spark. This is sufficient to ensure that the unit and fuel requirements remain burning in the presence of moisture.

Keywords: *ignitor, PLTU*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, karena rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada keluarga dan para sahabat. Oleh karena dukungan mereka, penulis mampu menyusun laporan tugas akhir ini. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi dalam Program Studi S-1 Teknik Fisika FTI-ITS. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Agus Muhamad Hatta, ST, MSi, Ph.D. selaku ketua departemen Teknik Fisika ITS.
2. Segenap keluarga yang telah memberikan dukungan penuh dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ir. Matradji, M.Kom. selaku dosen pembimbing tugas akhir ini, yang selalu sabar memberikan semangat dan masukan-masukan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
4. Segenap Bapak/Ibu dosen pengajar di Departemen Teknik Fisika - ITS.
5. Rekan-rekan Teknik Fisika - ITS, yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian.
6. Teman-teman Laboratorium Instrumentasi 2013, 2014 dan 2015 yang senantiasa memberikan motivasi dan perhatian.
7. Teman-teman seperjuangan TA yang telah memotivasi dan memberikan bantuan-bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih ada kekurangan dalam laporan ini, sehingga kritik dan saran penulis terima. Semoga laporan ini dapat bergunadan bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membacanya.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK.....	xi
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
I.3 TUJUAN.....	2
I.4 LINGKUP KERJA.....	2
I.5 SISTEMATIKA LAPORAN	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 PROSES PEMBAKARAN.....	5
II.2 PROSES PEMBENTUKAN FOULING	6
II.3 IGNITION	8
II.4 FLAME DETECTOR.....	13
BAB III METODOLOGI.....	17
III.1 SKEMA DIAGRAM ALIR PENELITIAN	17
III.2 KONDISI IGNITOR EXISTING.....	18
III.3 PERMASALAHAN IGNITOR EXISTING	19
III.4 AKAR PERMASALAHAN.....	20
BAB IV EVALUASI TEKNOLOGI DAN PEMECAHAN	23
IV.1 EVALUASI TEKNOLOGI.....	23
IV.2 PEMECAHAN PERMASALAHAN	24
IV.3 KENDALA	28
IV.4 PERBANDINGAN PRODUK VENDOR	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
V.1 KESIMPULAN	34
V.2 SARAN	34
LAMPIRAN	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema Proses Pembakaran	6
Gambar 2. Skematik Diagram untuk Ignition.....	9
Gambar 3. Multiple Spark Plug Ignitions.....	10
Gambar 4. Skema dari Ignitor Elektrik.....	11
Gambar 5. Contoh ignitor dengan Desain yang Lebih Unggul	11
Gambar 6. Tipe ignitor HEI (High Energy Ignitor)	12
Gambar 7. Skema Detektor UV	14
Gambar 8. Spektrum Flame Detector	15
Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian	17
Gambar 9. Akar Permasalahan Kegagalan Boiler ...	20
Gambar 10. Akar Permasalahan Loss of Flame	21
Gambar 11. Konstruksi HEI	24
Gambar 12. HEI dan Flame Detector Alstom.....	30
Gambar 13. HEI dan Flame Detector Coen.....	31
Gambar 14. HEI, dan Flame Detector Forney	32
Gambar 15. Struktur HEI dan Flame Detector FPS...	32

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Sistem <i>Ignitor</i> untuk <i>Natural Gas</i>	18
Tabel 2. Spesifikasi Sistem <i>Ignitor</i> untuk Light Oil (HSD) dan Atomizing Air (ASTM Standart For Fuel Oil, D396, Grade no. 2).....	18
Tabel 3. Spesifikasi Power <i>Ignitor</i>	19
Tabel 4. Pabrikan <i>Ignitor</i>	29

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT.PJB UP Paiton beroperasi menggunakan type pembakaran diesel dimana unit-unitnya beroperasi secara komersial sehingga realibility suatu komponen semakin lama beroperasi semakin menurun. salah satu system terpenting dalam suatu unit tersebut adalah igniter, dimana berfungsi untuk penyalan awal sistem pembakaran.

Dalam proses pengapian awal untuk start up dengan bahan bakar *High Speed Diesel* (HSD) menggunakan *ignitor*. Fungsi utama *ignitor* adalah untuk memanaskan sistem perpipaan *boiler* dengan gradient suhu yang telah ditentukan dan untuk menaikkan suhu *main steam* saat *start up unit*.

Sejalan dengan bertambahnya usia unit, kendala yang terjadi pada proses *start-up* adalah *ignitor* yang tidak menyala karena pengapian yang tidak sempurna dan kegagalan dari peralatan *ignitor* itu sendiri, sehingga menyebabkan waktu *start up* lebih lama, naiknya kebutuhan bahan bakar minyak karena terbuang saat kegagalan proses *ignition*, mengganggu *Burner Management System* (BMS) dan bahkan berpotensi bahaya.

Teknologi igniter menggunakan eddyblade dimana energy rendah sehingga sering tidak mampu menyalakan pembakaran hal ini disebabkan oleh adanya kehadiran impurity berupa kandungan kadar air pada udara dan bahan bakar serta fouling pada permukaan spark (busi). Disisi lain sensor nyala api pada tipe ini menggunakan termokopel yang mempunyai kemampuan mendeteksi yang tidak sensitive terhadap nyala disebabkan karena pengukuran tidak langsung.

Ketersediaan teknologi memungkinkan penggunaan energy yang tinggi yang mampu menyalakan pembakaran walaupun ada kehadiran air yang tinggi dan fouling pada spark (busi). energy pembakaran yang diberikan oleh spark (busi) sepatutnya efektif dan efisien untuk dapat berfungsi sebagai

pemicu pada pembakaran secara stoikiometrik berbeda-beda disebabkan oleh perbedaan pembakaran pengotor berupa cairan/padatan. Oleh sebab itu pada tugas akhir ini akan dirancang igniter yang mampu memicu reaksi pembakaran pada perbedaan bahan bakar dan kehadiran pengotor.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. Terlalu kecil energy tidak mampu memicu pembakaran namun terlalu besar energy akan menyebabkan biaya pembuatan system ignitor dan energy yang lebih tinggi.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. Merancang igniter yang efisien
- b. Untuk menjamin *start up* unit bekerja dengan baik dan tanpa gangguan akibat kegagalan sistem ignitor

1.4 Lingkup Kerja

Lingkup kerja pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

- a. tipe HEI yang digunakan memancarkan energi per *spark* berkisar antara 2-20 joule dengan jumlah spark 2-5 spark per detik.
- b. Dalam mendesain HEI sudah dilengkapi *flame detector / scanner* untuk mendeteksi adanya UV dan IR dengan intensitas atau *range* yang bisa diatur

1.5 Sistematika Laporan

Secara sistematis, laporan tugas akhir ini tersusun dalam lima bab dengan penjelasan sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, lingkup kerja, dan sistematika laporan dari tugas akhir.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari penelitian. Teori – teori tersebut diantaranya meliputi proses pembakaran, proses pembentukan fouling, prinsip kerja ignitor, high energy ignitor dan flame detector.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini dijelaskan tentang langkah-langkah dan tahapan penelitian dimulai dari mengetahui kondisi ignitor dan permasalahan pada ignitor.

BAB IV Analisis Data dan Pembahasan

Bab ini menunjukkan data beserta analisis dan pembahasan yang telah diperoleh selama pengerjaan penelitian.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini memaparkan kesimpulan dan saran terkait dengan tugas akhir yang telah dilaksanakan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

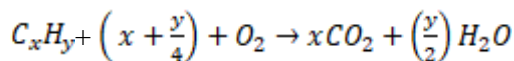
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembakaran

Pembakaran dapat diartikan sebagai reaksi kimia berantai antara oksigen dengan elemen yang mudah terbakar (*combustible element*). Rekayasa konversi energi memanfaatkan proses pembakaran terjadi pada pembangkitan tenaga listrik, kendaraan bermotor, dan kebutuhan-kebutuhan lainnya. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, syarat-syarat yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Kualitas dan kuantitas udara (oksigen) yang disupply ke bahan bakar cukup.
- b. Oksigen dan bahan bakar benar-benar tercampur.
- c. Campuran bahan bakar-udara terjaga di atas temperature pengapiannya.
- d. Volume *furnace* cukup luas sehingga memberikan waktu yang cukup bagi campuran bahan bakar-udara untuk terbakar sempurna.

Setiap bahan bakar memiliki spesifikasi tertentu sehingga memerlukan rasio bahan bakar dan udara yang berbeda-beda tergantung dengan persamaan reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran dapat dilihat pada persamaan berikut.



Reaksi pembakaran bahan bakar dan udara dapat terjadi jika syarat-syarat kimia berikut terpenuhi :

- a. Terjadi kombinasi yang ideal antara dua atau lebih reaktan berdasarkan rasio stoikiometrik.
- b. Massa reaktan harus sama dengan massa hasil reaksi (memenuhi hukum kekekalan massa).
- c. Senyawa kimia terbentuk dari elemen-elemen kombinasi dengan hubungan massa yang tetap.

- d. Formasi dari senyawa yang menghasilkan panas (reaksi eksotermik) ataupun yang membutuhkan panas (reaksi endotermik), berdasarkan atas perubahan energy bebas dari reaksi.

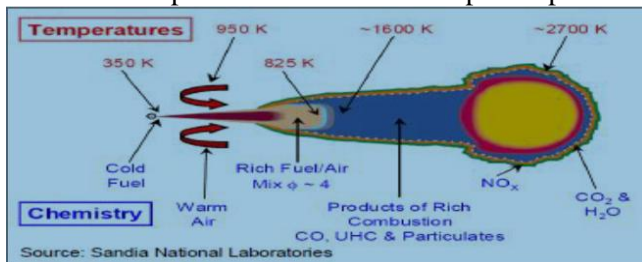
2.2 Proses Pembentukan Fouling

Seperti yang telah banyak diteliti, permasalahan yang paling banyak terjadi pada operasi adalah pembentukan fouling. Pada ignitor terbentuk fouling sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar tidak sempurna. Idealnya, pembakaran sempurna hanya akan menghasilkan karbon dioksida dan air.

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan tingkat *fouling* adalah:

- *Injektor* dengan pola spray bahan bakar yang kurang baik
- Rasio bahan bakar-udara yang tidak tepat
- *Filter* udara tersumbat sehingga meningkatkan rasio bahan bakar-udara

Dibawah ini merupakan **Gambar 1** skema proses pembakaran



Gambar 1 skema proses pembakaran

Partikel *fouling* yang merupakan 98 persen karbon biasanya dianggap berbentuk bulat. Ukuran untuk sebagian besar partikel hanya sekitar 0,03 mikron dan biasanya akan terkumpul dan membentuk partikel yang lebih besar. *Fouling* yang terbentuk pada daerah kaya bahan bakar akan teroksidasi di dalam *flame* ketika bercampur dengan oksigen yang belum terbakar. Sehingga konsentrasi *fouling* dapat dijelaskan dengan persamaan berikut.

$$\frac{\partial m_s}{\partial t} = \frac{\partial m_{sf}}{\partial t} - \frac{\partial m_{so}}{\partial t}$$

Dimana m adalah massa, indeks s adalah emisi *fouling*, sf adalah pembentukan *fouling* dan so adalah oksidasi *fouling*. Sementara itu pembentukan *fouling* dipengaruhi oleh tekanan, temperatur dan *equivalence ratio*. Laju pembentukan diatur dengan asumsi reaksi uap bahan bakar orde satu m_{fg} sebagai berikut

$$\frac{\partial m_{sf}}{\partial t} = A_f m_{fg} \frac{p_{ox}}{p} p^{0.5} e^{-\frac{E_{sf}}{RT}}$$

Oksidasi *fouling* dihitung dengan mengasumsikan reaksi orde dua antara *fouling* m_s dan oksigen sebagai berikut,

$$\frac{\partial m_{so}}{\partial t} = A_f m_s \frac{p_{ox}}{p} p^{0.5} e^{-\frac{E_{so}}{RT}}$$

Dengan $E_{sf} = 1.25 \cdot 10^4$ kcal/kmol, $E_{so} = 1.4 \cdot 10^4$ kcal/kmol, $E_{sf} = 1.25 \cdot 10^4$ kcal/kmol dan $E_{sf} = 1.25 \cdot 10^4$ kcal/kmol adalah konstanta-konstanta yang ditentukan dengan menyesuaikan pengukuran *fouling* pada *flue gas*. Perlu diperhatikan bahwa hasil yang didapatkan bergantung pada konstanta-konstanta yang dipakai sehingga memerlukan analisis yang cermat dalam menentukannya.

Secara umum, konsumsi bahan bakar dan karakteristik emisi ditentukan oleh *equivalent ratio* pembakaran. Injeksi bahan bakar bertekanan tinggi diperlukan karena dapat menghemat bahan bakar di bawah keadaan stoikiometri dan dengan demikian akan mengurangi *fouling*. Sementara itu *swirl ratio* yang tinggi akan menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat, walaupun juga mengurangi *fouling*.

Tidak diragukan lagi bahwa permasalahan yang paling umum dalam boiler berbahan bakar batu bara adalah pembentukan

deposit di ruang bakar dan permukaan konveksi. Selama proses pembakaran, *fly ash* terbentuk dan akan mengurangi permukaan perpindahan panas *boiler*, yang akhirnya mengakibatkan turunnya kapasitas dan biaya pemeliharaan yang cukup tinggi.

Partikel-partikel deposit ini memerlukan energi tertentu dalam pergerakannya dari tengah boiler ke daerah dinding dimana banyak terdapat peralatan-peralatan pendukung. Pada akhirnya, deposit yang terbentuk ini juga akan mempengaruhi *nozzle burner*, *spark* dan komponen-komponen lainnya.

Dengandemikian desain dan konstruksi peralatan-peralatan pendukung ini harus sedemikian rupa sehingga dapat bertahan dari pengendapan deposit ini.

Perlu untuk diperhatikan bahwa, hal-hal yang harus dipenuhi dalam desain *burner equipment* adalah,

- a. Dapat mengatomasi bahan bakar secara optimal
- b. Jet harus sesuai dengan keperluan pencampuran bahan bakar dan udara secara sempurna untuk pembakaran
- c. Mempunyai kestabilan proses atomisasi dalam *range* yang cukup lebar
- d. Meminimumkan udara sisa pada semua daerah operasi
- e. Terdapat akses untuk perbaikan sehingga akan menghemat biaya pemeliharaan.

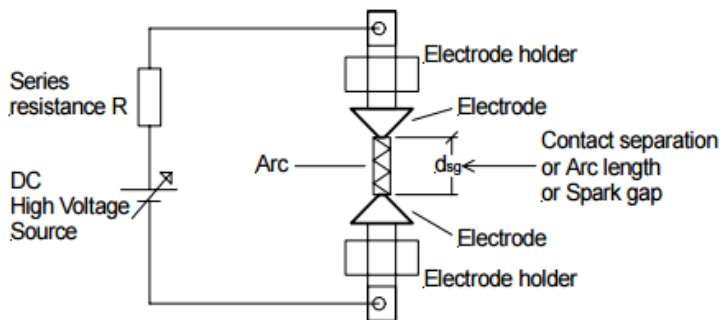
2.3 Ignition

2.3.1 Prinsip Ignition

Menurut W.Maly dalam Jose & Sreenath (2015) terdapat empat fase dalam proses *ignition*/ pengapian, yaitu:

- a. *Pre-Breakdown*
- b. *Breakdown*
- c. *Arc*
- d. *Glow*

Pada *fase pre-breakdown*, nilai impedansi pada *air spark gap* sangat besar. Dengan nilai tegangan yang cukup, diatas tegangan *threshold* menyebabkan kondisi *breakdown* dimana elektron mengalir dari katoda ke anoda. Jika tegangan jatuh nilainya cukup, maka elektron mendapat energi untuk membentuk reaksi ionisasi. Penambahan konsentrasi elektron dan ion akan mengurangi nilai impedansi pada *air spark gap*, sehingga terjadi aliran arus dari katoda ke anoda, hal ini yang dinamakan fase *breakdown*. Ketika sudah memasuki atau tercapai fasa *breakdown*, arus akan meningkat secara simultan sehingga energi yang dikirimkan ke *spark* meningkat untuk membentuk *arc*. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fase *breakdown* dalam satuan *nano second*. Hasil samping pembakaran seperti karbon (*fouling*) pada *spark gap* dapat menurunkan kemampuan dielektrik kapasitor dalam mengirimkan enegi ke *spark*. Skema proses *ignition* dapat dilihat pada **Gambar 2**.

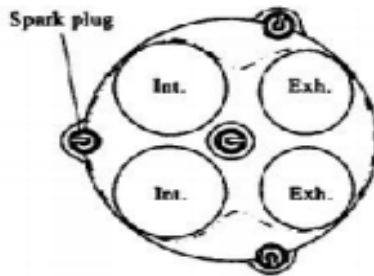


Gambar 2. Skematik Diagram untuk *Ignition*

2.3.2 Multiple Spark Plug Ignitions

Menurut Yamamoto dalam Jose & Sreenath (2015), menggunakan *multiple spark plug* yang disusun seperti **Gambar 3** akan menghasilkan *flame* pada posisi tengah dan mengelilingi

dinding dalam *combustion chamber*. Kelebihan penyusunan *spark plug* seperti **Gambar 3** adalah mengurangi *flame travel distance* yang menyebabkan waktu pembakaran yang lebih singkat, dapat digunakan untuk *high compression ratio*, meningkatkan efisiensi bahan bakar, mengurangi emisi *hydrocarbon* karena mengurangi *quench area* dan mengurangi *partial burn* pada high air fuel ratio, juga mem-persingkatkan *delay ignition* dan mengurangi emisi NO_x.



Gambar 3. *Multiple Spark Plug Ignitions*

2.3.3 High Energy Ignitor (HEI)

High energy ignitor (HEI) kadang disebut *high energy electric ignitor* (HEEI) dan *high energy spark ignitor* (HESI) tergolong dalam kelas 3 spesial *ignitor* yang menggunakan *high energy* untuk memantik bahan bakar pada semua kondisi operasi. HEI mempunyai kelebihan dibandingkan dengan teknologi lama yang konvensional pada penggunaan energi yang dipakai pada spark. HEI mengeluarkan 2 sampai 5 percikan perdetik dengan daya yang berbeda-beda tergantung desain dari pabrikan masing-masing. Umumnya, saat ini tipe HEI yang ada di pasaran mem-ancarkan energi per *spark* berkisar antara 2-20 joule. Hal ini bertujuan agar HEI dapat berfungsi pada saat bahan bakar gas atau minyak mengandung *moisture* dan dapat menghilangkan *fouling* yang terbentuk pada *spark*.

Total energi yang dikeluarkan *ignitor* akan digunakan sebagai pemicu pembakaran. Energi yang disimpan dan dilepaskan oleh

kapasitor dalam bentuk sinyal pulsa, dapat dihitung dengan rumus sederhana sebagai berikut :

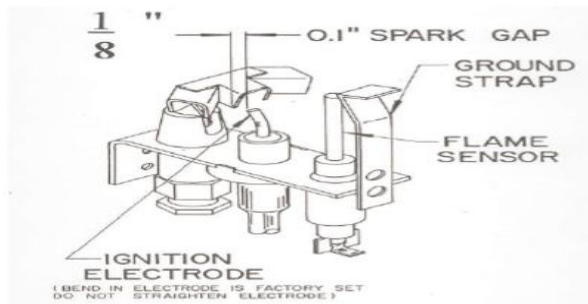
$$E = \frac{1}{2} CV^2 \quad (5)$$

Dimana ;

E = Energi yang dikeluarkan *spark* (J)

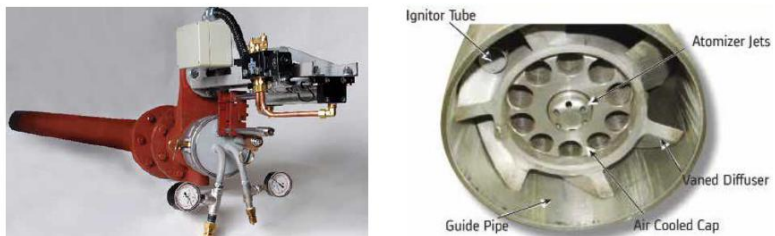
C = Kapasitansi (Farad)

V = Tegangan (Volt)



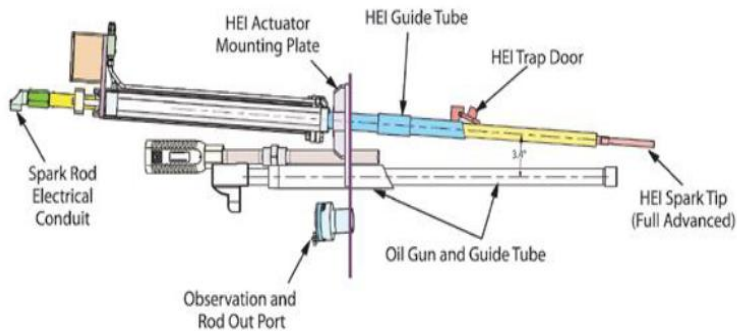
Gambar 4. Skema dari *ignitor* elektrik

Pada bagian *ignitor*, *spark* terpasang bersebelahan dengan *flame detector/sensor* api. Bagian ini yang paling terkena suhu tinggi karena terekspos langsung dengan pembakaran dari *spark*, sehingga keduanya memerlukan desain dengan material yang bagus guna menjaga kestabilan proses pembakaran dan menghemat biaya pemeliharaan. Berikut ini adalah contoh *ignitor* dengan desain yang lebih unggul.



Gambar 5. Contoh *ignitor* dengan desain yang lebih unggul

Sistem yang dijabarkan dalam **Gambar 6** di atas mempunyai keunggulan utama yang dapat terus berada pada posisi penyalaan dengan hanya *spark* yang dapat ditarik mundur. Adapun keunggulan-keunggulan minor lainnya adalah bahwa konstruksinya menggunakan stainless steel sehingga tahan jika terekspos panas tinggi (daerah kaya bahan bakar adalah daerah dengan panas tinggi), kemudian ujung *spark* dapat membersihkan diri sendiri sehingga cukup aman dari pembentukan *fouling*. Contoh lain tipe *ignitor* HEI (*high energy ignition*) dapat dilihat pada **Gambar 6** berikut ini.



Gambar 6. Tipe *ignitor* HEI (*High Energy Ignitor*)

Beberapa industri kadang tidak dapat mengontrol kualitas bahan bakar yang digunakan mengingat lebih mendesaknya hal-hal seperti pasokan kepada pelanggan, lokasi bahkan factor ekonomi. Untuk tipe industri yang beroperasi seperti ini tipe-tipe pemantik berenergi sangat sesuai karena dapat membakar baik *light* sampai *heavy oil* dalam *range* yang lebar. Tipe *ignitor* tersebut dapat beroperasi pada 2 *spark* per detiknya, juga dapat membersihkan dirinya sendiri dari *fouling* pembakaran, dan tetap menyala pada kondisi bahan bakar dan udara tercampur dengan air. Kelebihan-kelebihan lain diantaranya adalah mempersingkat waktu instalasi pemasangan dan proses start up, serta mempersingkat waktu pemeliharaan karena komponen-komponennya mudah untuk diganti.

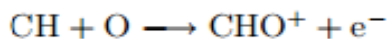
2.3.4 Kelas Ignitor

Menurut standart NFPA 85, *ignitor* dibagi menjadi beberapa kelas sebagai berikut :

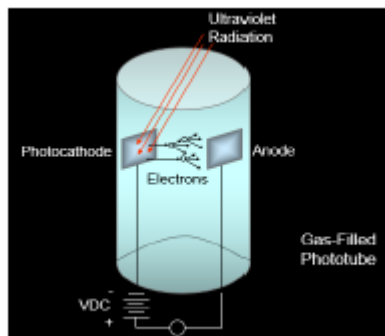
- a. *Ignitor* kelas 1, adalah tipe *ignitor* yang dipasang untuk memantik input bahan bakar yang menuju *burner* dan membantu pengapian pada semua kondisi operasi *lightoff burner*. Peletakan dan kapasitasnya memenuhi kebutuhan akan *ignition energy*, umumnya kapasitasnya diatas 10 % dari total input *burner*.
- b. *Ignitor* kelas 2, adalah *ignitor* yang dipasang untuk memantik input bahan bakar yang menuju burner dan juga digunakan untuk membantu pengapian saat kondisi operasi *low load*. Kapasitasnya berkisar diantara 4 sampai 10 % dari total bahan bakar burner.
- c. *Ignitor* kelas 3, adalah *ignitor* kecil yang dipasang terutama untuk fuel gas dan fuel oil burner untuk memantik input bahan bakar yang menuju burner pada kondisi *lightoff*. Umumnya kapasitasnya dibawah 4 % dari total bahan bakar *burner*.
- d. *Ignitor* kelas 3 spesial adalah tipe *ignitor* yang menggunakan tipe *high energy ignitor* (HEI), tipe ini mampu memantik secara langsung bahan bakar utama *burner*.

2.4 Flame Detector

Flame Detector adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya *flame*/api. Pada dasarnya untuk mendeteksi adanya *flame*/api dapat digunakan dua metode yaitu, pendekatan elektrik *properties* dan pendekatan UV/IR *pro-perties*. Pada metode pendekatan elektrik *properties* digunakan sensor *thermocouple*. Prinsip kerjanya ketika *thermocouple* ter-kena panas, maka akan menghasilkan arus. Aliran arus ter-sebut merupakan hasil reaksi ionisasi pada *flame*. Reaksi ionisasi dapat dijelaskan pada persamaan reaksi sederhana berikut,



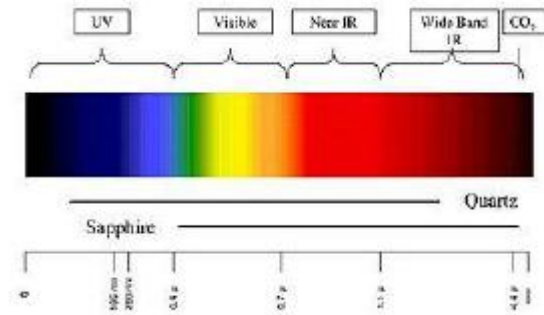
Pada metode pendekatan UV/IR *properties* bekerja dengan mendeteksi besarnya nilai radiasi elektromagnetik UV dan IR yang ditimbulkan *flame*. Emisi UV dihasilkan dari reaksi ionisasi dan merupakan bagian dari reaksi pembakaran bahan bakar. Emisi UV yang terbesar terdapat pada fasa pembakaran awal yang terjadi di *nozzle*, oleh karena itu untuk mendapatkan respon pembacaan yang cepat dan akurat, maka peletakan sensor harus berada di dalam *nozzle*. Detektor yang digunakan untuk mendeteksi emisi UV adalah *gas avalanche detector*. Prinsip kerja *gas avalanche detector* menggunakan prinsip *photoelectric*, yakni ketika beda potensial diberikan pada kedua elektroda detektor dan foton UV menumbuk elektroda negatif, maka terdapat elektron yang mengalir ke elektroda positif. Elektron tersebut akan bertumbukan dengan molekul gas, maka akan menghasilkan elektron lain, sedemikian seterusnya sampai tegangan dan arus berada pada kondisi *threshold*. Sedangkan detektor untuk IR menggunakan sensor *pyroelectric* yang akan membaca intensitas radiasi IR dari panas yang dihasilkan oleh *flame*. Skema prinsip kerja detektor UV dapat dilihat pada **Gambar 7** berikut.



Gambar7. Skema Detektor UV

Reliabiliti *flame detector* bias ditingkatkan dengan menggunakan sensor yang mempunyai reliabiliti yang lebih baik pada setiap sensor ataupun vote dan menambah diversiti sensor yang

bisa mendeteksi adanya *flame* pada spektrum yang lebih luas misalnya menggunakan IR sampai UV sensor.



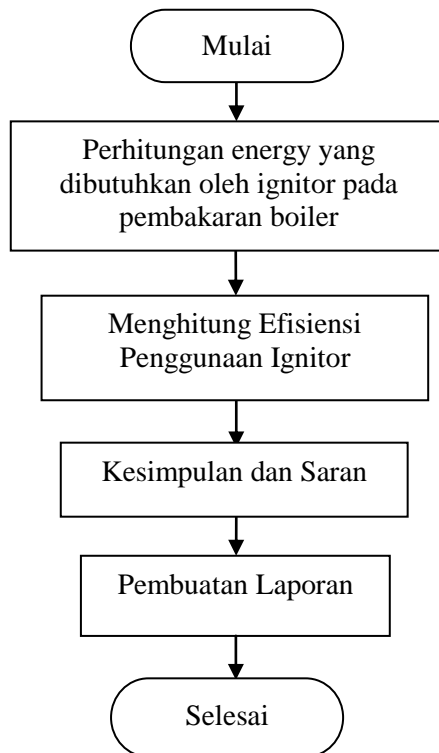
Gambar 8. Spektrum *flame detector*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Skema Diagram Alir Penelitian

Secara umum tahap-tahap pengerjaan tugas akhir ini dirangkum pada diagram alir berikut ini.



Gambar 3.2 Skema diagram alir penelitian

3.2 Kondisi Ignitor Existing

Ignitor existing merupakan produk ABB Series 80 dual fuel (gas and oil) side Ignitor with IFM Sistem And Air Flow Permissive.

Spesifikasi sistem *ignitor* untuk bahan bakar gas adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi sistem *ignitor* untuk *natural gas*

Kalori	Flow	Inlet Press
2.250.000 Kcal/h	283 m ³ /h	0.84 Kg/cm ²
(10x10 ⁶ Btu/h)	(10.000 Scfh)	(12 psig)

Sedangkan spesifikasi sistem *ignitor* untuk *Light Oil* (HSD) and *Atomizing Air* adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Spesifikasi sistem *ignitor* untuk *Light Oil* (HSD) dan *Atomizing Air* (ASTM Standart For Fuel Oil, D396, Grade no. 2)

Kalori	Flow	Inlet Press	Automizing	
			Flow	Press
2.250.0000 Kcal/h (10 x 10 ⁶ Btu/h)	0.26 m ³ / h (70 gph)	14Kg/cm ² (200 psig)	27.2 m ³ / h (16 Scfm)	5.6 Kg/cm ² (80 Psig)

Spesifikasi *power ignitor* dapat dilihat pada **Tabel 3** dibawah ini.

Tabel 3. Spesifikasi *power ignitor*

Tegangan	Frekuensi	Arus Max.	Keterangan
110 - 120 VAC	50/60 Hz	17 Amp	Maximum trialtime current5 Amp. <i>Ignitor</i> holding current when on is 1 amp maksimum.

3.3 Permasalahan *Ignitor Existing*

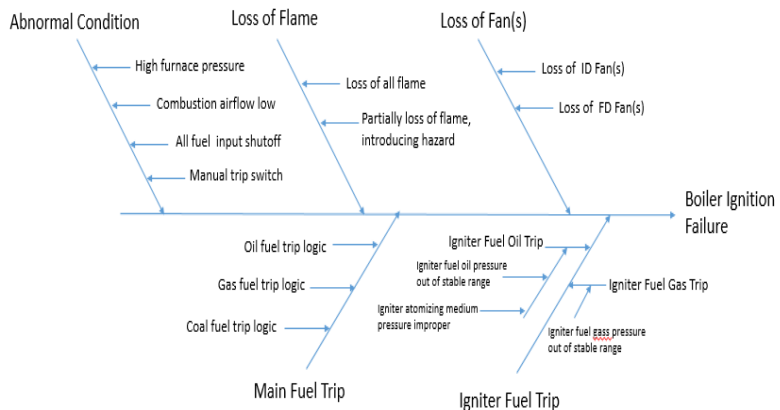
Berdasarkan histori kegagalan *ignitor* di *sites* dapat dirangkum sebagai berikut, yaitu :

- a. *Ignitor start remote* sering gagal, sehingga harus start dari lokal.
- b. Pengapian langsung gagal ketika udara ada sedikit kandungan air (*moisture*).
- c. *Selector switch start* lokal sering rusak.
- d. Busi dan *flame rod* yang kotor tidak bisa start. Ketika gagal *start*, maka *flame rod* dan busi harus dibersihkan dan hal ini menambah waktu start up. Tidak ada indikasi penyebab kegagalan *start ignitor*, *troubleshooting* dilakukan *trial and error*.
- e. Rasio antara *HSD* dan udara dilakukan secara *trial dan error*, tidak ada komposisi yang fix. Idealnya, penambahan dan pengurangan *flow* pengapian dilakukan pada rasio yang tetap antara *HSD* dan udara untuk mencapai pengapian yang sempurna.

- f. Pemasangan *nozzle* tip harus tepat, jika tidak maka pengapian akan gagal.

3.4 Akar Permasalahan

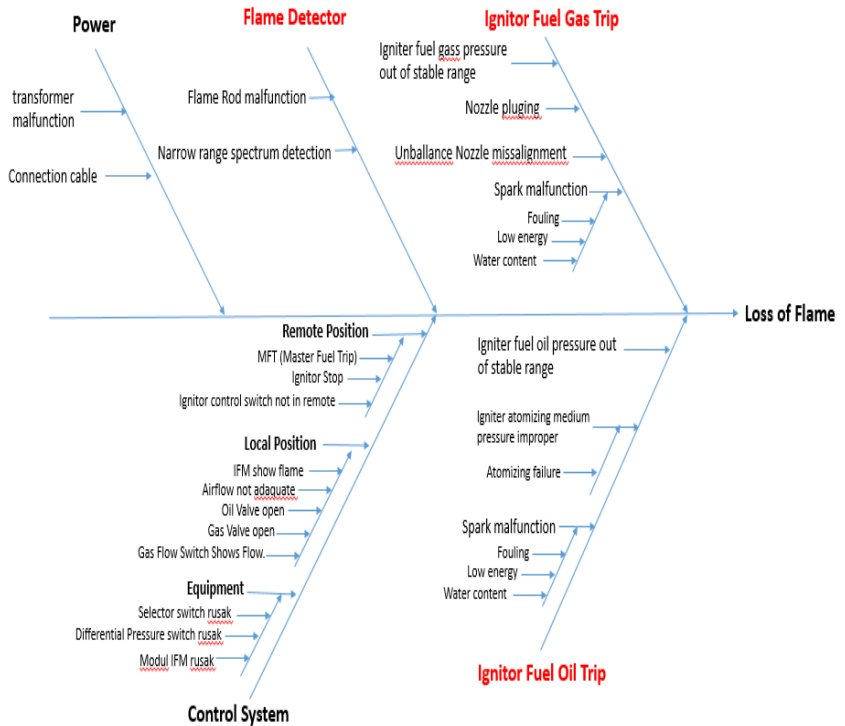
Berdasarkan permasalahan di atas dan berdasarkan NFPA 85, maka akar permasalahan kenapa *boiler* gagal dihidupkan dapat diuraikan pada **Gambar 9**. Dalam studi ini, kegagalan karena kondisi operasi yang abnormal diabaikan, sehingga hanya *Loss of flame* yang akan dibicarakan dalam pembahasan berikutnya.



Gambar 9. Akar Permasalahan Kegagalan *Boiler*

Loss of flame bisa disebabkan karena kegagalan pada penyalan/*ignition* atau karena kegagalan *flame detector* untuk mendeteksi status menyala atau tidak. Secara rinci penyebab kegagalan “*Loss of flame*” dapat dilihat pada **Gambar 10**. Pada **Gambar 10** Sistem power dan sistem kontrol bisa diasumsikan masih dalam keadaan baik, sehingga akar permasalahan mengerucut menjadi dua, yaitu pada *spark* dan *flame detector*. Oleh sebab itu studi ini akan membahas alternatif perawatan sistem lama dan alternative lain yaitu penggantian sistem *spark*

dan *flame detector* atau sistem *ignitor* dari sisi kelayakan operasi, finansial, dan analisa risiko.



Gambar 10. Akar Permasalahan *Loss of Flame*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

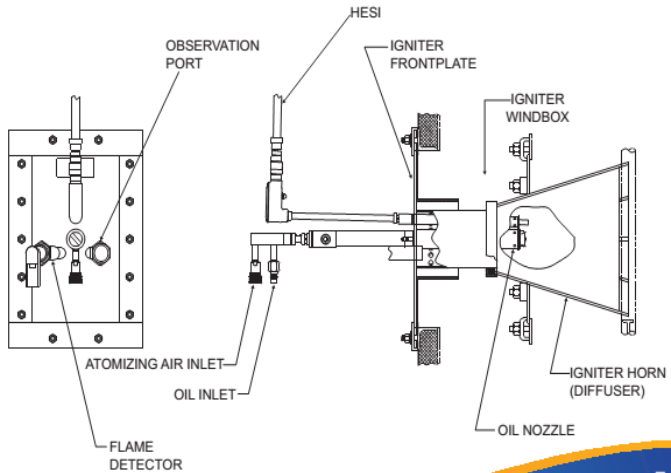
EVALUASI TEKNOLOGI DAN PEMECAHAN MASALAH

4.1 Evaluasi teknologi

Hampir semua teknologi ignitor saat ini adalah HEI, dimana menggunakan energy yang tinggi yang mampu untuk memicu pembakaran walaupun ada kehadiran pengotor berupa moisture ataupun fouling. HEI ditemukan dan dipublikasikan oleh General Motors pada tahun 1974. Produsen atau pabrikan yang memproduksi HEI diantaranya sebagai berikut, ABB, FPS, ALSTOM, FIREYE, dan FOURNEY. Setiap pabrikan ignitor pastilah telah melakukan litbang untuk memenuhi berbagai macam jenis boiler, jenis bahan bakar, kapasitas dan kemungkinan kehadiran pengotor baik padatan maupun cairan. Hasil litbang dan kebutuhan yang beragam menimbulkan berbagai tipe dari berbagai merk ignitor. Hal ini disesuaikan oleh pabrikan ignitor sesuai keperluan pembakaran di setiap boiler. Umumnya, saat ini tipe HEI yang ada di pasaran memancarkan energi per spark berkisar antara 2-20 joule dengan jumlah spark 2-5 spark per detik. Sehingga secara ekstrim kemungkinan energi yang terpancar setiap detik antara 4-100 Joule.

HEI untuk boiler sudah dilengkapi flame detector / scanner seperti pada **Gambar 11** Flame detector yang ada di pasaran saat ini mempunyai kemampuan mendeteksi adanya nyala api / cahaya dengan rentang spektrum yang lebar yaitu antara UV sampai IR. Flame detector terdiri dari dua sensor untuk mendeteksi adanya UV dan IR dengan intensitas atau range yang bisa diatur. Hal ini untuk meningkatkan reliability flame detector dengan meningkatkan diversiti sensor. Bila sensor IR tidak mendeteksi adanya flame, maka sensor UV akan bekerja. Susunan ini membentuk vote 1oo2 pada logic solver. Dengan level reliabiliti ini diharapkan kegagalan pembacaan sensor flame berupa fault detection dan/atau false detection bisa diminimalisir, sehingga kegagalan sistem kontrol pada *ignitor* dapat dikurangi, yang akan berakibat *start up* bisa dilakukan dengan mudah dari *control room*

atau *start up local* tidak diperlukan lagi. Hal ini akan berdampak pada kecepatan *start up plant* meningkat, pemborosan bahan bakar menurun, dan meningkatkan safeti pada *boiler*.



Gambar 11. Konstruksi HEI

4.2 Pemecahan Permasalahan

a. perhitungan energy

Dari akar masalah dan ketersediaan teknologi di atas dimana *ignitor* dan *flame detector* menjadi satu paket produk, maka pemecahannya adalah menggunakan *flame detector* yang umum dipakai saat ini yaitu mempunyai kemampuan mendeteksi *flame* atau nyala yang lebar mulai dari UV sampai IR untuk meningkatkan diversiti, reliabiliti dan akhirnya availabiliti. Part yang lain yang perlu diperhatikan adalah menggunakan produk yang umum juga saat ini yaitu *high energy ignitor* (HEI).

Ignitor ada dua jenis yaitu jenis plat dan *high energy ignitor* yang berfungsi menyediakan energi aktivasi pada reaksi pembakaran udara dan bahan bakar. Menurut Arrhenius, besar energi aktivasi ini tergantung pada banyaknya campuran bahan bakar dan udara, viskositas, kehadiran pengotor baik berupa *moisture* (misalnya kandungan air) dan padatan berupa *fouling* diantara kedua sisi *spark*.

Pada tahap desain, setiap pabrikan akan mendesain ukuran terkecil, pemakaian energi yang terendah dan kemudahan pengoperasian serta perawatan, sebagai pertimbangan utama. Hasil litbang dan kebutuhan yang beragam menimbulkan berbagai tipe dari berbagai merk ignitor. Hal ini akan disesuaikan oleh pabrikan *ignitor* sesuai keperluan pembakaran di setiap boiler. Demi kepentingan operasional dan perawatan, hampir semua *ignitor* untuk boiler pembangkit listrik yang ada dipasaran menggunakan teknologi *high energy ignitor* (HEI).

High energy electric ignitor kadang disebut *high energy ignitor* (HEI) dan *high energy spark ignitor* (HESI) mempunyai kelebihan dibandingkan dengan teknologi lama yang konvensional pada penggunaan energi yang dipakai pada spark. Seperti telah disebutkan di atas HEI mengeluarkan 2 sampai 5 percikan perdetik dengan daya berkisar antara 2-20 joule. Total energi yang dikeluarkan *ignitor* akan digunakan sebagai pemicu pembakaran. Energi yang disimpan dan dilepaskan oleh kapasitor dalam bentuk sinyal pulsa, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

Menggunakan persamaan (5), misal menggunakan 6 mikro farad kapasitor dengan tegangan 2,000 VDC, akan menghasilkan 12 Joule energi per spark. Energi 12 Joule hanya sebagai contoh betapa besar energi yang tersedia, yang akan menjamin terjadinya reaksi pembakaran walau adanya *moisture* karena energi ini akan mengeliminasi air yang terlarut dalam bahan bakar dan bahkan mampu menghilangkan *fouling* yang mungkin menempel pada permukaan spark tip disebabkan kontaminan atau endapan dari bagian lain pada boiler karena lama tidak dipakai seperti *ash*, dll. Setiap pabrikan ignitor mungkin mempunyai beragam desain mengenai tegangan dan daya, yang mungkin berakibat pada ukuran, daya, dan material yang digunakan. Selagi masih mampu menyalakan startup boiler pada keadaan banyak kehadiran pengotor baik *fouling* dan *moisture*, menggunakan batas tegangan dan arus yang diperbolehkan oleh standart yang dipakai misalnya ASTM serta sesuai dengan layout dan daya yang telah disediakan di PJB UP Paiton, maka semua *ignitor* bisa dipergunakan.

Secara prinsip, proses penyalan yang mengatasi adanya *moisture* dan *fouling* dapat dijelaskan dengan contoh kasus berikut. Pada umumnya kandungan air pada bahan bakar minyak (HSD) adalah sebesar 5%. Dengan besar spark gap 1.6 cm atau jari-jari 0.8 cm, maka ruang batas bahan bakar yang akan dibakar bisa dimodelkan dengan bentuk geometri bola. Dengan demikian, untuk mencari volume ruang dalam jangkauan dua *spark* digunakan pendekatan volume bola (V) dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$V = \frac{4}{3} \pi (0,008)^3$$

$$V = 2.14357 \times 10^{-6} m^3$$

Dimana r adalah jari-jari bola. Dari volume yang didapatkan dan asumsi bahan bakar mengandung air sebanyak 5 %, maka massa air yang sebagai pengotor pada bahan bakar dan harus diuapkan bisa dihitung dengan rumus :

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = (1/1.7) \text{ kg}/m^3 \times (2.14375 \times 10^{-6}) m^3 \times 5 \%$$

$$m = 6.30463 \times 10^{-8} \text{ kg}$$

Massa yang terhitung adalah massa kandungan air yang tercampur dalam bahan bakar. Energi aktivasi yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar sangatlah kecil (titik api HSD 20 > 52 0C), namun karena kehadiran *moisture* berupa kandungan air yang mempunyai energi aktivasi yang jauh lebih besar, maka besar energi yang dibutuhkan dapat dicari menggunakan rumus: $E = m \cdot h_{fg}$, dimana nilai enthalpy campuran uap air pada suhu 400°C ($h_{fg} = 3278.2 \text{ kJ/kg}$). Energi yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$E = (6.30463 \times 10^{-8}) \text{ kg} \times 3278.2 \text{ kJ/kg}$$

$$E = 0.000206678 \text{ kJ}$$

$$E = 0.206678297 \text{ J}$$

Untuk kondisi dimana terdapat kandungan air sebanyak 50%, maka energi yang harus digunakan untuk menghilangkan kandungan air tersebut sebesar

$$E = 0.206678297 \text{ J} \times 10$$

$$E = 2.066782971 \text{ J}$$

Seperti disebut di atas, pada umumnya kadar air pada bahan bakar HSD maksimal sebesar 5 %, Pada kondisi ekstrim dimana terdapat kandungan air sebesar 50 %, dari hasil perhitungan diatas untuk menghilangkan gangguan kandungan air pada proses pembakaran dibutuhkan energi sebesar 2.066782971 J, hal ini sudah dapat diatasi dengan penggunaan ignitor yang memiliki spesifikasi output sebesar 2 Joule/spark. Namun untuk kepentingan safety factor dan ketersediaan teknologi, pabrikan mendesain spark sampai 10 kali lipat.

b. Perhitungan Kerugian Finansial akibat Kegagalan Start

Kerugian total akibat kegagalan start dideskripsikan dari penjumlahan kerugian pengeluaran biaya untuk start ignitor yang gagal itu sendiri dan kerugian *shutdown* Unit Pembangkit dalam sehari. Dibawah ini merupakan perhitungan kerugian yang diakibatkan kegagalan start yang sering terjadi pada ignitor tipe lama dengan pendekatan hitungan per hari, dengan parameter sebagai berikut.

- *Flow rate* bahan bakar = $0.26 \text{ m}^3/\text{h} = 260 \text{ l/h}$.
- Harga HSD = Rp 9300/l.
- Harga listrik = Rp 600/kWh.
- Faktor daya jaringan listrik PLN sebagai sumber daya ignitor sebesar 0.85 ($\text{Cos } \phi = 0.85$).
- Kapasitas Produksi 370 MW.

Uraian perhitungan kerugian akibat dari kegagalan start adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Daya start Ignitor} &= \text{tegangan} \times \text{arus} \times \text{Cos } \phi \\ &= 220 \text{ VAC} \times 17 \text{ A} \times 0.85 \\ &= 3179 \text{ W} \\ &= 3.179 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi start} &= (\text{flowrate bahan bakar} \times \text{harga bahan bakar}) + (\text{daya start ignitor} \times \text{harga listrik}) \\
 &= (260 \text{ l/h} \times \text{Rp } 9300 / \text{l}) + (3.179 \text{ kW} \times \text{Rp } 600/\text{kWh}) \\
 &= \text{Rp } 2.418.000/\text{h} + \text{Rp } 1.908/\text{h} \\
 &= \text{Rp } 2.419.908/\text{h} \times 24 \\
 &= \text{Rp } 58.077.792/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi Shutdown/hari} &= \text{Kapasitas Produksi} \times 24 \text{ Jam} \times \text{Harga Listrik} \\
 &= 370 \times 1000 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \times \text{Rp } 600/\text{kWh} \\
 &= \text{Rp } 5.328.000.000/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rugi Total} &= \text{Rugi start} + \text{RugiShutdown} \\
 &= \text{Rp } 58.077.792 + \text{Rp } 5.328.000.000 \\
 &= \text{Rp } 5.386.077.792
 \end{aligned}$$

Didapatkan kerugian finansial akibat kegagalan start sebesar Rp 5.386.077.792

4.3 Kendala

a. Kendala Teknis

Produk yang baru perlu penyesuaian dengan sumber daya manusia (SDM). Oleh sebab itu, transfer teknologi berupa pelatihan diperlukan. Kendala pada setiap retrofit adalah produk yang baru harus kompatibel dengan produk yang lama baik dari sisi kondisi operasi, ketersediaan ruang dan kemudahan perawatan. Pada retrofit *ignitor* ini kendala dari sisi operasi dan perawatan baik dari sisi proses, mekanik, listrik, dan instrumen harus tertuang dalam TOR retrofit *ignitor*.

b. Kendala Administrasi

Kebanyakan pabrikan *ignitor* adalah dari luar negeri. Penyedia/vendor *ignitor* harus mempunyai kecukupan pengetahuan dan pengalaman tentang produk itu sendiri, pemasangan, dan perawatannya. Jaminan suku cadang minimal dalam 10 tahun harus tertuang dalam TOR pekerjaan retrofit *ignitor*.

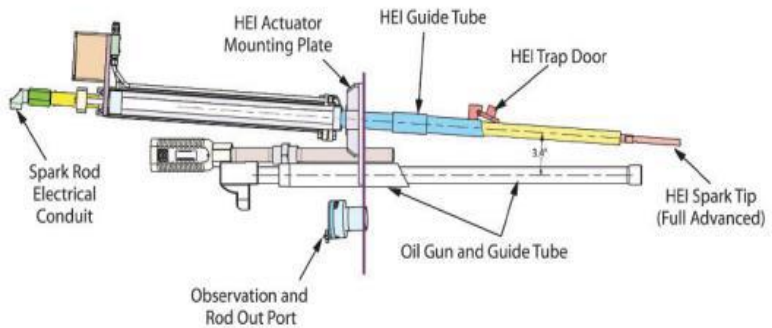
4.4 Pabrikan Ignitor

Dibawah ini merupakan pabrikan ignitor yang memiliki spesifikasi produk *ignitor* dan *flame detector* yang memenuhi hasil dari perhitungan bias dilihat pada **Tabel 4** berikut ini.

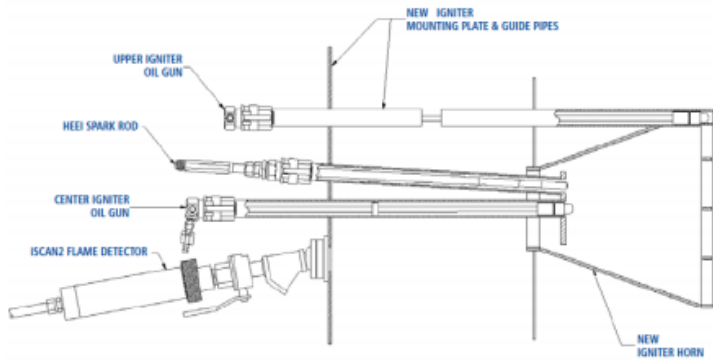
Merk Produk	A	B	C	D
Tipe ignitor	<i>Fyr-Ball</i>	<i>Limelight HEIR</i>	<i>Plasma Arc Ignition system (PAI)</i>	<i>Horn Ignitor</i>
<i>Output Energy</i>	12J/spark	12J/spark	12 J/spark	12 J/spark
<i>Spark Rate</i>	4 spark/s	4 spark/s	3 spark/s	3 spark/s
<i>Output Voltage</i>			2000 VDC	2000 VDC
<i>Input Voltage</i>	100 – 250 VAC		120/240 VAC	120/240 VAC
<i>Frekuensi</i>	47 – 63 Hz		50 atau 60 Hz	50 atau 60 Hz
<i>Tip Temperature</i>				573.8°C
<i>TipeFlame Detector</i>	<i>iScan2 Flame</i>	<i>Exacta Flame</i>	<i>VIR VI with</i>	<i>Uniflame II series</i>

	<i>Scanner</i>	<i>Scanner FS</i>	<i>TriColor Scanner Head</i>	
<i>Range Detector</i>	(UV,IR)	(UV,VL,IR)	(UV,VL,IR)	(UV,IR)

contoh produk *ignitor* dan *flame detector* yang dimiliki pabrikan seperti terlihat pada **Gambar 12-15**.



Gambar 12. HEI dan *Flame Detector* Merk A

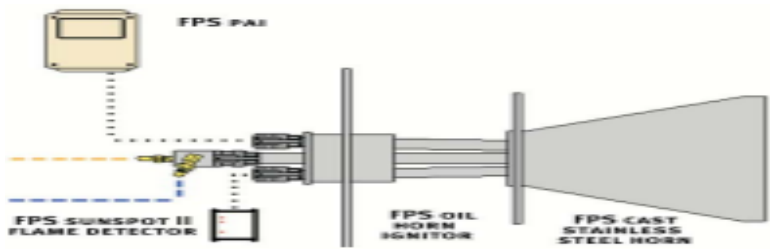


Gambar 13. HEI dan *Flame Detector* Merk B





Gambar 14. HEI, dan *Flame Detector* Merk C



Gambar 15. Struktur HEI dan *Flame Detector* FPS

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari kegiatan kajian retrofit ignitor ini adalah sebagai berikut:

- a. Akar masalah pada kondisi ignitor *existing* adalah menggunakan teknologi konvensional pada *flame detector* dan *spark*. Ketersediaan teknologi di pasaran saat ini sangat menguntungkan untuk mengganti teknologi ini dengan teknologi terbaru yang sudah teruji menggunakan *flame detector* yang mempunyai kemampuan mendeteksi nyala api yang lebih lebar (UV sampai IR) dan mengganti *spark* tipe plat dengan tipe HEI.
- b. Output energi per *spark* yang tersedia di pasaran umumnya 12 Joule per spark. Hal ini sudah sangat mencukupi untuk menjamin bahan bakar tetap bisa terbakar saat kehadiran *moisture* yang sangat tinggi dan berguna untuk menghilangkan *fouling* yang mungkin terjadi pada *spark*.
- c. Penggunaan HEI dapat mencegah terjadinya gagal nyala yang dapat mengakibatkan kerugian pengoperasian yang sangat besar bagi perusahaan dari hasil perhitungan yaitu sebesar Rp 5.386.077.792

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya yaitu, pada saat pengodisiaan yang abnormal dika-renakan boiler tidak dapat hidup dapat terjadi dari berbagai segi aspek.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Sabau and O. Emil, Soot Modeling in Diesel Engine, *Proceeding of the 3rd International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering*.

G. Xu, C. Xu, Y. Yang, Y. Fang, L. Zhou and Z. Yang, Thermodynamic and Economic Analysis of a Partially-Underground Tower-Type Boiler Design for Advanced Double Reheat Power Plants, *Applied Thermal Engineering* 78, 2015, pp. 565 – 575.

I.M. Kennedy, Models of Soot Formation and Oxidation, *Prog. Energy Combust. Sci.*, Vol. 23, 1997, pp. 95 – 132.

M. Bolla, *Modelling Soot Formation in Diesel Engines Using Conditional Moment Closure*, PhD THEIs, ETH Zurich, 2013.

M. Huang, S. Gowdagiri, X.M. Cesari and M.A. Oehlschlaeger, Diesel Engine CFD Simulations: Influence of Fuel Variability on Ignition Delay, *Fuel* 181, 2016, pp. 170 – 177.

O.I. Smith, Fundamentals of Soot Formation in Flames with Application to Diesel Engine Particulate Emissions, *Prog. Energy Combust. Sci.*, Vol. 7, 1981, pp. 275 – 291.

Y. Ding, *Characterising Combustion in Diesel Engines*, PhD THEIs, Technische Universiteit Delft, 2011.

Z. Peng, B. Liu, W. Wang and L. Lu, CFD Investigation into Diesel PCCI Combustion with Optimized Fuel Injection, *Energies* 4, 2011, pp. 517 – 531.

Jose, Jubin V, Sreenath VR. Review on Performance of High Energy Ignition Technic, *Research Innovation in Science and Technology*, Vol.2, 2015, issue 2.

Ngo, My, Determination of the Minimum Ignition Energy (MIE) of Premixed Propane/Air, University of Bergen, 2009.

Maly R. and Vogel, M, Initiation and propagation of flame fronts in Lean CH₄-air mixtures by the three modes of the ignition spark, 1978.

Yamamoto H, Horita.S and Matsuoka.T, Surrounding Combustion Process (SCP)-New concept for lean bum engine, 1992.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

1. Prosedur Pemilihan *Ignitor*

Berikut merupakan prosedur dalam pemilihan *ignitor* :

a. *Operating Condition*

- Sesuai dengan tekanan, temperatur, dan *flow rate* pada kondisi *existing* dengan *range* sebagai berikut :

Tabel A1. Spesifikasi sistem *ignitor* untuk natural gas

Kalori	Flow	Inlet Press.
2.250.000 Kcal/h (10 x 10 ⁶ Btu/h)	283 m ³ / h (10.000 Scfh)	0.84 Kg/cm ² (12 psig)

Tabel A2. Spesifikasi sistem *ignitor* untuk Light Oil (HSD) dan Atomizing Air (ASTM Standart For Fuel Oil, D396, Grade no. 2)

Kalori	Flow	Inlet Pres.	Atomizing	
			Flow	Pres s.
2.250.0000 Kcal/h (10 x 10 ⁶ Btu/h)	0.26m ³ / h (70 gph)	14Kg/cm ² (200 psig)	27.2m ³ / h (16 Scfm)	5.6 Kg/cm ² (80Psig)

- Semua material harus sesuai dengan kompatibilitas fluida yang digunakan yaitu gas alam, dan HSD.

b. Konstruksi :

- Peralatan yang baru harus kompatibel dengan koneksi yang ada sekarang, dan dimensi sesuai dengan *space* yang ada.
- Kemudahan pemasangan, pengoperasian, dan perawatan minimal sama atau bahkan lebih baik dari keadaan *existing*.
- Harus ada *Nozzle Self Allignment*.
- Konstruksi seperti pada **Gambar 11**.

c. Performance:

a. *Spark ignitor*

- *Spark ignitor* menggunakan teknologi HEI/HESI
- *Compliance* terhadap standar yang ada dan kondisi lingkungan.
- Mempunyai kemampuan *self cleaning* pada spark tip, untuk menghindari
- terjadinya fouling, perlu di demokan saat presentasi produk dan FAT.
- Spark *ignitor* tidak akan padam saat terkena air (tahan air), perlu di demokan saat presentasi produk dan FAT menggunakan bahan bakar yang paling berat yang akan digunakan yaitu HSD
- Aman untuk dioperasikan dan dilakukan maintenance.
- Output energi yang cukup untuk menjamin tetap terjadinya pembakaran walaupun adanya kehadiran pengotor berupa *moisture* dan *fouling*. Semua HEI/HESI mempunyai output energi sebesar itu, sebagai contoh ALSTROM = 12 joule/spark, COEN=12 joule/spark, FORNEY= 12joule/spark, FPS = 8 joule/spark
- Minimum spark rate tergantung pabrikan ignitor untuk menjamin total energi perdetik yang diperlukan misalnya 2 spark/detik, dibuktikan dengan demo pada presentasi dan FAT. Sebagai contoh Alstom = 4 atau 20 spark/detik, COEN = 4 spark/detik, FORNEY=3 spark/detik, dan FPS = 3 spark/detik
- Spark tip mudah dilepas dan diganti.
- Input Voltage 120 – 240 VAC dan 50 Hz. Sesuai ketersediaan daya di PJB UP Paiton

- Output voltage cukup untuk menjamin total energi yang diperlukan misalnya 2000VDC, dibuktikan dengan demo pada presentasi dan FAT, namun harus memperhatikan batas tegangan maksimum pada peralatan atau area yang dipakai misalnya lebih kecil dari 4000 VDC.
- Ketersediaan informasi tentang reliabiliti / *PFD (Probability Failure on Demand)*.

b.Flame detector, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Minimal mampu untuk mendeteksi sinyal UV dan IR.
- Dilengkapi *relay output* (± 24 VDC) dan *analog output* (4-20 mA).
- Bisa dilakukan setup parameter dan *adjustable sensitivity flame*.
- Rating proteksi minimal NEMA 4X atau IP 66.

2. Prosedur Pengujian Ignitor

Berikut merupakan prosedur dalam pengujian *ignitor*:

- Ignitor, flame detector, dan ignitor cabinet* (panel) harus diuji di pabrik (FAT) untuk meyakinkan kinerja sistem beroperasi dengan layak.
- Bagian-bagian yang diuji adalah: *IFM Relay, Delta-Pressure Switch, dan transformer*, kegagalan pada *ignitor* untuk menyala ketika *ignitor* di-start, *relay* dan *switch*.
- SAT (*Side Acceptance Test*). Setelah perpipaan terpasang semua perpipaan harus di-blowout dengan steam untuk membersihkan sisa material didalamnya.
- Proses sirkulasi *fuel* perlu segera dilakukan untuk mengeringkan dan menghilangkan material-material sisa di dalamnya.
- Pastikan *gas nozzle* terpasang dengan baik, dan bersih dari sisa-sisa karbon.